

Eike H. Petzel/Hardarik Blühdorn

Deutsch als Unterrichtssprache im Physikunterricht für fremdsprachige Schüler

1 Einleitung

Deutsch-als-Fremdsprache-Unterricht an Auslandsschulen findet bis heute fast ausschließlich im Schulfach Deutsch statt. Aber auch andere Fächer werden für fremdsprachige Schüler teilweise auf deutsch unterrichtet, und zwar insbesondere an Schulen mit deutschsprachigem Zweig, die nicht über hinreichend muttersprachige Schüler verfügen, um rein deutsche Klassen bilden zu können. Auf die Schwierigkeiten, zu denen deutschsprachiger Fachunterricht mit fremdsprachigen Schülern (DFU) führen kann, hat unter anderem Vögeding (1992) vehement hingewiesen und das Recht eines jeden Schülers verteidigt, Fachunterricht in seiner Muttersprache zu erhalten.

Diese Position kann nur unterstützt werden, sofern Schüler gegen ihren Willen gezwungen sind, am Fachunterricht in einer für sie fremden Sprache teilzunehmen. Es gibt aber durchaus Fälle, in denen Schüler und Eltern dies selbst wünschen, und zwar in der Absicht, die Fertigkeiten in der Fremdsprache gezielt über die alltagsrelevanten Kommunikationsbereiche hinaus zu erweitern. In diesem Zusammenhang ist auch zu berücksichtigen, daß die an deutschen Schulen verfolgte pädagogische Konzeption sich häufig erheblich von der im Gastland üblichen unterscheidet. So ist beispielsweise an brasilianischen Schulen ein stark aufgabenorientierter Frontalunterricht verbreitet, der vor allem auf die Bewältigung der Universitätseingangsprüfung ausgerichtet ist, der wegen seiner Abstraktheit aber bei vielen Schülern nicht gut ankommt.

Während man also einerseits feststellen kann, daß ein Bedarf an deutschsprachigem Fachunterricht an Auslandsschulen besteht, fühlen sich andererseits die dort unterrichtenden Lehrer häufig aufgrund ihrer Ausbildung wie der Lehrpläne nicht dazu in der Lage, Aufgaben der Sprachvermittlung in ihren Unterricht zu integrieren. Viele Fachlehrer neigen dazu, Sprachvermittlung mehr oder weniger undifferenziert als Aufgabe der Deutschkollegen zu betrachten, über deren Arbeit sie jedoch im einzelnen nicht informiert sind.

Umgekehrt kennen viele Deutschlehrer zu wenig die sprachlichen Bedürfnisse der übrigen in ihrer Schule auf deutsch unterrichteten Fächer und sind daher mit der ihnen zugedachten Zuliefererrolle eigentlich überfordert. Die Sprachmittel, die im Fach Deutsch üblicherweise im Vordergrund stehen, sind, zumindest für die naturwissenschaftlichen Fächer, nicht immer einschlägig. So erklärt es sich, daß man an deutschen Auslandsschulen nicht selten bei Lehrern naturwissenschaftlicher Fächer auf Unzufriedenheit mit den sprachlichen Leistungen der Schüler trifft, während umgekehrt Deutschlehrer den Eindruck haben, sich restlos mit der Sprachvermittlung zu verausgaben und für eigentlich wichtigere Unterrichtsinhalte, z. B. die Lektüre klassischer Literatur, keine Zeit mehr zu finden.

Vor dem Hintergrund solcher Erfahrungen haben sich in Brasilien Lehrer der deutsch-brasilianischen Begegnungsschulen in Rio de Janeiro und São Paulo mit Mitarbeitern des Institutes für Lehreraus- und -fortbildung São Paulo und des Deutschen Seminars der Univer-

sität São Paulo getroffen, um über Möglichkeiten nachzudenken, wie Komponenten des Sprachunterrichts in den Unterricht der Einzel-fächer integriert werden können. Der vorliegende Aufsatz, der sich mit dem gymnasialen Physikunterricht beschäftigt, ist teilweise Resultat dieser Überlegungen.

2 Physik als Schulfach

Der Bildungswert des Schulfaches Physik gründet sich entgegen einer auch heute noch verbreiteten Meinung nicht in erster Linie auf die Vorführung mehr oder weniger unzusammenhängender Experimente und auf das Auswendiglernen entsprechender mathematischer Formeln, sondern weit mehr auf Vermittlung einer spezifischen Denkweise und eines damit zusammenhängenden Weltbildes (vgl. Leisen 1991, 143 f.).

Zentrale Komponenten der physikalischen Denkweise gruppieren sich um Kategorien wie Erzeugung – Vernichtung, Erhaltung – Veränderung, Ursache – Wirkung, Teilbarkeit – Unteilbarkeit, Strömung – Transport, Realität – Virtualität u. a. In diesen Begriffen kommt das physikalische Weltbild mit den von anderen Fächern vermittelten Weltbildern teilweise überein (z. B. Biologie, Chemie), steht aber teilweise auch mit ihnen im Widerspruch (z. B. Religion, Philosophie). Dies ist erklärlich in einer Welt, in der historisch herausgebildete Vorstellungs- und Wissenskomplexe häufig unverbunden nebeneinander stehen und nur in ihrer Gesamtheit das sogenannte moderne westliche Weltbild ausmachen.

3 Kommunikative Mittel

Wie jedes Fach bedient sich die Physik, um ihre besondere Denkweise zu artikulieren, spezifischer kommunikativer Mittel. Unter anderem gehört dazu ein besonderer **Wortschatz**. Es gibt aber auch physiktypische **Textsorten** und, wie im folgenden gezeigt werden soll, ein für den Physikunterricht besonders relevantes Inventar **syntaktischer Mittel**.

Die im Physikunterricht verwendeten Sprach-

mittel sind teilweise die gleichen, die auch in anderen Fächern verwendet werden. Einige von ihnen sind jedoch so weit spezialisiert, daß es sinnvoll ist, sie im Fach Physik selbst zu unterrichten. Hierbei handelt es sich nicht nur um lexikalische Mittel (Terminologie), sondern auch um syntaktische und textuelle. Ebenso wie die Denkweisen und Weltbilder sich ergänzen, ergänzen sich die von den einzelnen Wissenschaftsdisziplinen verwendeten Sprachmittel zur Gesamtheit der in der Gesellschaft verfügbaren Sprache.

4 Die Beschreibung des physikalischen Experiments

Eine im Physikunterricht außerordentlich wichtige Textsorte ist die **Beschreibung eines Experiments**. Seit Galilei verstehen wir das Experiment als eine Frage an die Natur. In seinem *Dialog über die großen Weltsysteme* führt er vor, wie man sich durch geschickte Fragestellung an ein wissenschaftliches Problem annähert.

Im Anfangsunterricht ist die Schulung der Wahrnehmung (insbesondere die des Sehens) bzw. die Hinführung zum bewußten und begrifflichen Beobachten die wichtigste Aufgabe. Denn was sichtbar ist, wird keineswegs notwendigerweise gesehen, und (wie Hegel bemerkt) das Bekannte ist darum, weil es bekannt ist, noch lange nicht erkannt (vgl. Hegel 1807/1986, 35). Dies macht zum Teil die besondere Schwierigkeit des Physikunterrichts aus, daß nämlich viele Untersuchungsgegenstände aus dem Erfahrungsbereich des Schülers stammen, deshalb seiner Neugier keinen Angriffspunkt bieten und folglich nicht erklärungsbedürftig erscheinen.

Am Beispiel der geordneten Beschreibung eines Experimentes möchten wir nun aufzeigen, wie man mit sprachlichen Mitteln einen Wahrnehmungsraum strukturieren kann. Die Beschreibung läßt sich in sechs Gliederungspunkte zerlegen, wobei die Wichtigkeit eines jeden Punktes von Experiment zu Experiment differiert:

1. **Ziel des Experiments** (Beobachtung eines Phänomens und/oder Bestätigung einer Hypothese)

2. **Aufbau des Experiments** (Zeichnung mit Beschriftung oder Beschreibung als fortlaufender Text)
3. **Durchführung des Experiments** (Beschreibung der Vorbereitungen und der Tätigkeiten des Experimentators)
4. **Während des Experiments wahrnehmbare Phänomene** (Beschreibung der Beobachtungen – qualitativ und/oder Messungen – quantitativ)
5. **Schluß aus dem Experiment** (Erklärung – deduktiv und/oder Interpretation – induktiv)
6. **Mathematische Auswertung** (algebraisch-numerisch und/oder graphisch-analytisch)

Die typische Struktur der Textsorte ergibt sich aus der typischen Struktur des Experiments selbst. Zugleich leitet sie die Schüler an, ihre Wahrnehmung von vornherein auf eine sprachliche Wiedergabe hin zu strukturieren. Der didaktische Wert des Einübens von Textmustern besteht demnach darin, daß gleichzeitig mit sprachlichen Fertigkeiten sachlich wichtige Verhaltensweisen eingeübt und Erkenntnisgewinne angebahnt werden.

Punkt 6. wird übrigens anders als die Punkte 1. bis 5. nicht in natürlicher Sprache, sondern mathematisch ausgeführt und braucht deshalb im folgenden nicht weiter berücksichtigt zu werden.

4.1 Das Ziel des Experiments

Das Ziel eines Experiments hängt vom Vorwissen ab. Hat man keine Vorstellungen über den Ausgang des Experiments, beschränkt sich das Ziel zunächst auf die Beobachtung der auftretenden Phänomene. Hat man bereits eine oder mehrere Hypothesen über den Ausgang gebildet, so können diese verifiziert oder falsifiziert werden.

Um eine sprachlich komplizierte Zielanalyse zu vermeiden, bietet sich für Sprachanfänger die Einführung von **Standardformulierungen** an, die man vielleicht sogar auswendig lernen läßt. Solche Formulierungen sollten sich möglichst eng an die jeweilige Muttersprache anlehnen, so daß ungefähre Wort-für-Wort-Übersetzungen möglich sind. Zum Beispiel:

- (1) Was passiert, wenn wir Elektrizität durch Wasser leiten?
- (2) Wir möchten wissen, ob Kohle die Elektrizität leitet.
- (3) Wir wollen die Leitfähigkeit von Eisen messen.

Es ist übrigens so, daß fremdsprachigen Schülern unsere **Fremdwörter** keineswegs notwendig fremd sind. *Experiment, Translation, Rotation* etc. werden häufig besser verstanden als *Versuch, Schiebung, Drehung* usw. Diese Einsicht ist in neueren Lehrwerken für Deutsch als Fremdsprache bereits zur Methode gemacht worden (vgl. z. B. Eismann et al. 1993).

4.2 Der Aufbau des Experiments

Es ist sinnvoll, mit dem **Zeichnen** des Experimentaufbaus zu beginnen (vgl. dazu Buhlmann/Fearns 1987, 54 u. ö.). Hierdurch lassen sich die manuelle Geschicklichkeit und der Gebrauch von Zeicheninstrumenten üben. Die optische Wahrnehmung bewirkt bereits ein hohes Maß an Vorverständigung, macht viele Worte entbehrlich, bremst allerdings auch den Hang zum Erzählen. Dieser Tendenz muß man bewußt gegensteuern, um die Spracherziehung nicht aus den Augen zu verlieren.

Mit der **Beschriftung** der Zeichnung kann man die neuen Fachbegriffe zwanglos in den Unterricht einführen. Die **Beschreibung** als fortlaufender Text, sei es in mündlicher oder schriftlicher Form, beschränkt sich vorerst auf das Äußerliche, auf das direkt Wahrnehmbare. Die Beschreibung des Aufbaus kann in zweierlei Weise erfolgen:

1. **statisch:** Wie **ist** das Experiment **aufgebaut**?
2. **dynamisch:** Wie **baut man** das Experiment **auf**?

Die dynamische Beschreibung ist sprachlich aufwendiger. Wir beschränken uns daher zunächst auf die statische. Sie gibt die geometrischen Beziehungen von Gegenständen zueinander an. Als sprachliche Mittel werden vor allem die Fachbegriffe für Geräte und Einzelteile benötigt. Darüber hinaus braucht man Verben wie *sein, stehen, liegen, sich befinden, hängen*

etc. Weiterhin werden lokale Präpositionen (vor allem die sog. Wechselp Präpositionen mit dem Dativ) und lokale Adverbien benötigt.

- (4) Ein Stativ steht auf dem Tisch.
- (5) Am Stativ hängt eine Schraubenfeder.
- (6) Unten an der Schraubenfeder hängt ein Eisenquader.

Für die Angabe des Zwecks eines Gerätes oder Aufbaus kann die Konstruktion des erweiterten Infinitivs mit *um ... zu ...* eingeführt werden:

- (7) Neben dem Stativ befindet sich ein Meßstab, um die Ausdehnung der Feder zu messen.

Zum Aufbau des Experiments kann auch die Zusammensetzung eines Gerätes aus seinen Einzelteilen gehören. Um sie zu beschreiben, braucht man z. B. die Verben *haben*, *besitzen* oder *enthalten*:

- (8) Der Stabmagnet besitzt einen Nord- und einen Südpol.
- (9) Der Transformator hat einen Eisenkern, eine Primär- und eine Sekundärspule.
- (10) Die Flächenlichtquelle enthält unendlich viele Punktlichtquellen.

Nehmen wir noch Ausdrücke wie *es gibt*, *besteht aus*, *die wichtigsten Teile sind* und einige Adjektive der Form, der Größe und der Farbe hinzu, so können wir mit diesen relativ geringen Sprachmitteln eine Beschreibung des Experimentaufbaus befriedigend durchführen.

- (11) Die wichtigsten Teile sind das Objektiv, die Blende und der Film.
- (12) Das Objektiv besteht aus mehreren Linsen, um die Linsenfehler zu kompensieren.
- (13) Der Film befindet sich an der Rückwand der Kamera.

Die Beschreibung des Aufbaus eines Experiments ist vergleichbar mit der Aufgabe, ein Bild, eine Landschaft oder einen Gegenstand zu beschreiben. Wenn dies zu gleicher Zeit Gegenstand im Deutschunterricht ist, kann sich eine fruchtbare Zusammenarbeit ergeben.

4.3 Die Durchführung des Experiments

Beschreiben wir den Aufbau eines Experiments dynamisch, so kann dies auch als Teil einer Durchführungsbeschreibung verstanden werden. Die Durchführung des Experiments besteht aus den notwendigen Tätigkeiten des Experimentators. Hierbei handelt es sich im wesentlichen um **Manipulationssachverhalte**, d. h. um Sachverhalte, bei denen ein Agens ein Patiens manipuliert. Diese werden im Deutschen typischerweise durch transitive Verben versprachlicht, also durch Verben, die ein Subjekt und ein Akkusativobjekt verlangen.

Obgleich für wissenschaftliche und technische Fachsprachen der Gebrauch des Passivs typisch ist (vgl. z. B. Buhlmann/Fearns 1987, 19f.), scheint uns im Schulunterricht vieles für die Bevorzugung des Aktivs zu sprechen. Indem Täter und Gegenstand der Tätigkeit explizit genannt werden, wird der Schüler angeleitet, Verursachungszusammenhänge begrifflich klar zu erfassen.

In der Physik sind häufig nicht der Experimentator, sondern ein Gegenstand oder eine Kraft Verursacher. Dieselben Satzstrukturen, die wir verwenden, um die Verursachung durch einen Experimentator zu beschreiben, sind später auch geeignet, Verursachungen durch Gegenstände oder Kräfte sprachlich darzustellen.

4.4 Während des Experiments wahrnehmbare Phänomene

Das Ziel eines Experiments wird erreicht, indem Phänomene zuerst beobachtet und anschließend interpretiert bzw. erklärt werden. Bei den Phänomenen handelt es sich um Zustände oder Veränderungen von Körpern. Später können nach diesem Muster auch die Zustände und Veränderungen von nicht-dinglichen Objekten wie z. B. Feldern oder Energien untersucht werden.

Im folgenden sollen zwei Arten von Zustandsbeschreibungen unterschieden werden, die wir als statische bzw. kinetische Zustandsbeschreibung bezeichnen wollen.

Eine **statische Zustandsbeschreibung** erfaßt den Ausgangs- oder Endzustand eines Experiments an sich. Die sprachlichen Mittel, die dabei verwendet werden, sind hauptsächlich adjekti-

vische und adverbiale Ausdrücke. Die wichtigsten Zustände eines Körpers, die im Anfangsunterricht behandelt werden, sind Aggregatzustand (fest, flüssig, gasförmig), Temperatur, Polarisierung, Gewicht, Ort, Orientierung, Bewegung bzw. Ruhe, Form, Farbe, Helligkeit etc.

Um solche Zustände zu beschreiben, eignen sich vor allem Sätze mit den kopulativen Verben *sein* oder *bleiben* und adjektivischen Prädikativ:

(14.a) Der Eisenkörper ist schwer.

(15.a) Das Wasser bleibt heiß.

(16.a) Die Lampe ist hell.

Solche Sätze sind dem Schüler aus der Alltagssprache sicherlich schon vertraut. Sie bringen eine enge Kopplung von Körper und Eigenschaft zum Ausdruck, d. h., die Eigenschaft wird hier noch nicht als etwas begrifflich Unabhängiges erfaßt. Da aber die unabhängige Erfassung von Eigenschaften zu den wichtigsten Lerninhalten im Physikunterricht für Anfänger gehört, bietet es sich an, an dieser Stelle die *haben*-Paraphrase einzuführen:

(14.b) Der Eisenkörper hat ein kleines/großes Gewicht.

(15.b) Das Wasser hat eine niedrige/hohe Temperatur.

(16.b) Die Lampe hat eine geringe/große Helligkeit.

Haben-Formulierungen ermöglichen es, die Eigenschaft vom Objekt losgelöst zu betrachten. Die Abstrahierung des Zustandsbegriffs bewirkt eine kognitive Entkopplung der Eigenschaft vom Objekt. Auf diese Weise lassen sich die Eigenschaften als meßbare Größen definieren und mathematisch weiterverwerten.

Dieses methodische Prinzip sollte den Schüler aber nicht dazu verleiten, dem Zustandsbegriff grundsätzlich eine unabhängige Existenz zuzuschreiben, denn natürlich existiert z. B. die Temperatur nur in Verbindung mit einem Körper, und dieser muß folglich mitgenannt werden – insbesondere dann, wenn mehrere Körper im Experiment in Betracht kommen.

Eine **kinetische Zustandsbeschreibung** erfaßt Anfangs- und Endzustand eines Experiments und dokumentiert die dabei auftretenden Zu-

standsveränderungen und Zwischenzustände. Hierfür eignen sich vor allem Sätze mit kopulativem *werden* und adjektivischem Prädikativ:

(17) Der Eisenkörper wird leichter.

(18) Das Wasser wird heiß.

(19) Die Lampe wird hell.

In diesem Zusammenhang können auch passive Formulierungen eingeführt werden, die kopulativen *werden*-Strukturen stark ähneln:

(20) Das Wasser wird erwärmt.

(21) Der Lichtstrahl wird gebrochen.

Dagegen erscheinen uns Konstruktionen mit reflexiven Verben, die in den Grammatiken häufig als Passiv-Ersatz behandelt werden (vgl. z. B. Engel 1988, 461), als Beschreibungsmittel weniger geeignet, da sie die Verursachungsverhältnisse verschleiern:

(22) Das Wasser erwärmt sich.

(23) Der Lichtstrahl bricht sich.

(24) Die Kugel bewegt sich.

Solche Formulierungen können so verstanden werden, als sei der betreffende Gegenstand selbst der Verursacher der Zustandsveränderung, was an der physikalischen Auffassung in den meisten Fällen vorbeigeht.

4.5 Der Schluß aus dem Experiment

Strenggenommen sind auch *werden*-Sätze vom physikalischen Standpunkt aus unvollständig, da auch bei ihnen die Frage nach dem Verursacher ausgeblendet bleibt. Sprachlich dargestellt wird hier ausschließlich das phänomenal Wahrnehmbare. Die Betrachtungsweise ist akausal und letztlich noch nicht physikalisch.

Im letzten Schritt der Experimentsbeschreibung muß deshalb eine Interpretation bzw. Erklärung folgen, die darauf abzielt, die nicht wahrnehmbaren Hintergründe der Phänomene bzw. die ihnen zugrundeliegenden Naturgesetze und -prinzipien verständlich zu machen. Unserer Meinung nach gilt auch hier, daß aktivische Formulierungen pädagogisch günstiger sind als passive, weil sie eine höhere Explizitheit bei der Darstellung von Verursachungszusammenhängen gestatten.

Ein Beispiel für die Notwendigkeit von Erklä-

rungs- bzw. Interpretationsleistungen im Anschluß an physikalische Experimente bietet der auch in der Alltagssprache gebräuchliche Begriff der Kraft. Vorwissenschaftlich kennen wir z. B. Sehkraft, Lebenskraft, Kaufkraft, Atomkraft, Anziehungskraft und andere. Bei Sehkraft und Lebenskraft sind systematische Dispositionen gemeint; bei Kaufkraft geht es um Äquivalenzbezeichnungen im gesellschaftlichen Tauschverkehr; bei Atomkraft handelt es sich um stofflich gebundene Energie; bei Anziehungskraft geht es um Beziehungen von Ursache und Wirkung.

Die Geschichte der Physik zeigt, welch große Mühe es gekostet hat, den vorwissenschaftlichen Kraftbegriff zu differenzieren. Die Begriffe der Ursache und der Kausalität, die zu den zentralen Lerninhalten im Physikunterricht gehören, können erst auf der Grundlage solcher Differenzierungsleistungen klar definiert werden. Es liegt auf der Hand, daß man sich hierbei nicht auf die Beschreibung wahrnehmbarer Phänomene beschränken darf.

5 Satzmuster

In der bisherigen Argumentation war schon verschiedentlich von den syntaktischen Mitteln die Rede, die typischerweise bei der Beschreibung physikalischer Experimente verwendet werden. Im folgenden sollen diese noch unzusammenhängenden Bemerkungen ergänzt und zu einem Vorschlag für die Didaktik der fachsprachlichen Syntax ausgebaut werden.

In den Grammatiken der deutschen Gegenwartssprache hat es sich eingebürgert, Listen von sogenannten Satzmodellen oder Satzmustern zu präsentieren, die sich aufgrund der unterschiedlichen Ergänzungsbedürftigkeit deutscher Verben ergeben. Solche Listen sind im allgemeinen sehr umfangreich. So unterscheidet z. B. Ulrich Engel in seiner deutschen Grammatik (1988, 201 ff.) 49 verschiedene Satzmuster. In der Duden-Grammatik (1984, 602 ff.) sind es 37 und bei Helbig/Buscha (1986, 58 ff.) immerhin noch 14.

So umfangreiche Typologien mögen für eine linguistische Beschreibung der deutschen Gegenwartssprache geeignet sein; in der Praxis des

fachsprachlichen Deutschunterrichts sind sie es jedenfalls nicht. Wir wollen daher im folgenden ein linguistisch zugegebenermaßen unorthodoxes Modell vorstellen, das speziell für die Unterrichtspraxis konzipiert wurde und mit drei Satzmustern auskommt. Gleichzeitig werden wir zu zeigen versuchen, daß unser Modell linguistisch immerhin nicht aus der Luft gegriffen ist.

Im Portugiesischen wie im Englischen und vielen anderen Sprachen gilt die Beschränkung, daß das Subjekt unmittelbar vor dem Verb stehen muß. Auch im Deutschen ist dies die bevorzugte Anordnung. Allerdings kommt im Deutschen die Regel hinzu, daß das konjugierte Verb im Hauptsatz nur an zweiter Stelle erscheinen darf. Daher erlaubt es das Deutsche nicht wie das Portugiesische oder Englische, vor einem präverbalen Subjekt noch eine adverbiale Angabe zu serialisieren.

Da Sätze vom Typ

Subjekt + finites Verb + ...

im Deutschen wie in anderen Sprachen häufig und wichtig sind, wollen wir diesen Typ als Satzmuster **S1** bezeichnen. Wir verzichten bewußt darauf, dieses Satzmuster für die Zwecke des deutschsprachigen Fachunterrichts weiter nach den postverbal auftretenden Elementen zu subklassifizieren. Ein Schüler, der einen S1-Satz mit Subjekt und Verb richtig begonnen hat, hat kaum noch relevante Möglichkeiten, ihn syntaktisch falsch zu beenden.

Beispiele für S1-Sätze (mit satzinitialem Subjekt) sind:

- (25.a) Das Wasser kocht.
- (26.a) Der Eisenstab wird heiß.
- (27.a) Der Glaskolben steht auf dem Tisch.
- (28.a) Das Salzwasser leitet die Elektrizität.
- (29.a) Wir hängen die Schraubenfeder an das Stativ.

Wichtig ist bei diesem Satzmuster, daß infinite Verbbestandteile und abtrennbare Präfixe ans Satzende gestellt werden müssen. Dies läßt sich besser einüben, wenn man den Schülern zunächst empfiehlt, relativ kurze Sätze zu verwenden:

- (25.b) Das Wasser hat gekocht.
- (26.b) Der Eisenstab soll heiß werden.

- (27.b) Der Glaskolben bleibt auf dem Tisch stehen.
 (28.b) Der Magnet zieht den Eisenstab an.
 (29.b) Wir hängen die Schraubenfeder am Stativ auf.

Sprachtypologisch ist das Deutsche wahrscheinlich eine Sprache mit Verb-Endstellung im Satz. Es gibt gute Argumente dafür, daß die Zweitstellung des finiten Verbs im Hauptsatz erst durch eine Transformation zustandekommt (vgl. z. B. Primus 1987, 89 ff., vor allem 92). Dies würde bedeuten, daß die unmarkierte Satzstellung (Grundreihenfolge) im Deutschen die des Nebensatzes ist. Sie lautet:

Subjunktion/Pronomen (+ ...) (+ Subjekt) + ... + finites Verb.

Dieses Satzmuster wollen wir als **S2** bezeichnen (mit satzterminalem Finitum):

- (30) ..., nachdem das Wasser sich abgekühlt hat.
 (31) Wenn der Eisenstab heiß geworden ist, ...
 (32) ..., wo der Glaskolben auf dem Tisch steht.
 (33) (Der Magnet), der den Eisenstab anzieht, ...
 (34) Bevor wir die Schraubenfeder am Stativ aufhängen, ...

Außer Sätzen mit initialem Subjekt und Sätzen mit terminalem Finitum gibt es im Deutschen auch Sätze, die ähnlich wie S1 gebaut sind (Hauptsätze), in denen aber ein adverbiales Satzglied oder ein Objekt die erste Position einnimmt:

- (35) Zuerst müssen wir das Netzgerät einschalten.
 (36) Auf dem Tisch steht ein Glaskolben.
 (37) Den Glaskolben füllen wir mit Wasser.

Solche Sätze bilden zu können, ist besonders wichtig für das Formulieren von Texten. Ein Text wird vor allem dadurch zusammenhängend und verständlich, daß schon bekannte Informationsbestandteile jeweils am Satzanfang erwähnt und zum Anknüpfungspunkt für noch unbekannte Informationsbestandteile genommen werden.

Das durch (35) bis (37) exemplifizierte Satzmuster **S3** hat die Struktur:

... + finites Verb (+ ...) + Subjekt + ...

Die drei Satzmuster können untereinander auf verschiedene Weise kombiniert werden.

Bei S3 und S2 sind die Varianten **S3 + S2** (Beispiel (38)) und **S2 + S3** (Beispiele (39.a) und (40)) möglich:

- (38) Dann schließen wir den Schalter, damit die Elektrizität fließen kann.
 (39.a) Wenn wir die Spannung erhöhen, dann wird auch die Stromstärke größer.
 (40) Je größer das Gewicht ist, desto größer ist die Ausdehnung der Schraubenfeder.

Die Kombination von S1 und S2 ist unproblematisch, wenn S2 (der Nebensatz) am Ende steht. Steht S2 dagegen am Anfang, so muß im Hauptsatz das Subjekt aus der ersten in eine spätere Position verschoben und das finite Verb an die Stelle unmittelbar nach dem Nebensatz gebracht werden. Das bedeutet, daß der Nebensatz hier die erste Stelle vor dem Verb einnimmt:

- (39.b) Wenn wir die Spannung erhöhen, erhöht sich auch die Stromstärke.

In einem solchen komplexen Satz fällt der zweite Teil nicht mehr unter das Satzmuster S1. Er kann überhaupt nicht über eines der drei Muster beschrieben werden, sondern der ganze Satz (Haupt- und Nebensatz zusammen) fällt nun unter Typ S3.

6 Einsatz syntaktischer Mittel in Experimentbeschreibungen

Es wurde schon angedeutet, daß jedes Satzmuster unterschiedliche Realisierungen ermöglicht. Wir wollen aber nun zeigen, daß man für die Zwecke des Physikunterrichts mit sehr wenigen Realisierungsmöglichkeiten auskommt, die sich zudem entlang den Etappen der Textsorte Experimentbeschreibung didaktisch staffeln lassen. Darin liegt die Motivation für unseren Vorschlag, bestimmte Segmente des Sprachunterrichts in den Fachunterricht auszulagern, und zwar die Vermittlung genau derjenigen Sprachelemente und -strukturen, die im betreffenden Fach benötigt werden und

für deren Gebrauch das Fach geeignete Kommunikationskontexte bereitstellt.

6.1 Das Ziel des Experiments

Wir haben uns oben dafür ausgesprochen, die Zielstellung so weit wie möglich zu personalisieren, so daß explizit gemacht wird, wer durch das Experiment was erfahren möchte. Die oben gewählten Beispielformulierungen:

- (1) Was passiert, wenn wir Elektrizität durch Wasser leiten?
- (2) Wir möchten wissen, ob Kohle die Elektrizität leitet.
- (3) Wir wollen die Leitfähigkeit von Eisen messen.

machen ausnahmslos vom Satzmuster S1, mit oder ohne Fortsetzung durch S2, Gebrauch. Das Satzmuster S3 ist bei der Formulierung des Ziels entbehrlich, weil diese gewöhnlich den Textanfang bildet und hier noch keine Wiederaufnahme bekannter Informationsbestandteile erforderlich ist.

Eine wichtige Variante von S2 sind **finale** Infinitivkonstruktionen mit *um ... zu ...*:

- (41) Wir bauen einen Leiterkreis, um die Abhängigkeit zwischen Spannung und Stromstärke zu messen.

6.2 Der Aufbau des Experiments

In dieser Phase der Experimentsbeschreibung werden vor allem **lokale** Adverbialangaben benötigt:

- (42) Der Glaskolben steht auf dem Tisch.

Für eine dynamische Beschreibung des Aufbaus sind darüber hinaus Akkusativobjekte und **direktionale** Angaben wichtig:

- (43) Wir hängen die Schraubenfeder an das Stativ.

Zur besseren Verkettung der Aufbaubeschreibung empfiehlt es sich, nach Bedarf zwischen den Satzmustern S1 und S3 abzuwechseln. Dagegen kann auf Nebensätze (S2) hier weitgehend verzichtet werden.

6.3 Die Durchführung des Experiments

Da es sich bei der Durchführung eines Experiments um eine in der Zeit vor sich gehende Abfolge von Einzelsachverhalten handelt, sind für ihre Beschreibung **temporale** Adverbien, Präpositionen und Subjunktionen besonders wichtig:

- (44.a) Zuerst schalten wir das Netzgerät ein; dann schließen wir den Schalter.
- (44.b) Nach dem Einschalten des Netzgerätes schließen wir den Schalter.
- (44.c) Nachdem wir das Netzgerät eingeschaltet haben, schließen wir den Schalter.

Die temporale Struktur der Durchführung wird dann besonders deutlich, wenn wir die Temporalangaben in die erste Position des Satzes bringen, also bevorzugt Satzmuster S3 verwenden. Wir können allerdings auch die Kombination S1 + S2 einsetzen:

- (44.d) Wir schalten das Netzgerät ein, bevor wir den Schalter schließen.

Dagegen sollten Satzstrukturen, die die realen Ablaufstrukturen umkehren, aus didaktischen Gründen tunlichst vermieden werden:

- (44.e) Wir schließen den Schalter, nachdem wir das Netzgerät eingeschaltet haben.
- (44.f) Bevor wir den Schalter schließen, schalten wir das Netzgerät ein.

Außer temporalen sind bei der Experimentsdurchführung auch **instrumentale** Beziehungen wichtig. Als Sprachmittel sind hier zum einen Ausdrücke mit der Präposition *mit* zu erwähnen:

- (45) Wir reduzieren die Stromstärke mit einem Widerstand.

Aber auch Akkusativobjekte können in dieser Funktion gebraucht werden:

- (46) Wir erhöhen den Widerstand, um die Stromstärke zu reduzieren.

In solchen Beispielen kommen auch Zwischenziele des Experimentators zur Sprache, die durch Infinitivkonstruktionen mit *um ... zu ...* wie in (46) oder durch Nebensätze mit der Sub-

junktion *damit* wie in (47) ausgedrückt werden können:

- (47) Wir verkleinern die Öffnung der Blende, damit das Bild schärfer wird.

Eine gewisse Relevanz kommt in Durchführungsbeschreibungen schließlich **modalen** Angaben zu, mit denen die Art und Weise beschrieben wird, auf die der Experimentator eine bestimmte Teilhandlung ausführt:

- (48) Wir gießen das Wasser schnell in ein Kalorimeter.

6.4 Während des Experiments wahrnehmbare Phänomene

In diesem Abschnitt der Experimentsbeschreibung geht es vor allem um Zustände der am Experiment beteiligten Gegenstände und deren Veränderungen. Bei statischen Zustandsbeschreibungen sind, wie wir gesehen haben, kopulative Satzstrukturen vom Typ S1 besonders wichtig. Eine kinetische Zustandsbeschreibung kann von der Beschreibung des Anfangszustandes über die Beschreibung von Zwischenzuständen zur Beschreibung des Endzustandes übergehen. Dabei können wiederum **temporale** Elemente wie etwa die Adverbien *zuerst* und *dann* verwendet werden. Bei thermodynamischen und atomaren Zustandsänderungen muß man sich auf die Beschreibung des jeweiligen Anfangs- und Endzustandes beschränken, weil irgendwie geartete Zwischenzustände gar nicht beobachtbar sind. Für die Einführung des Delta(Δ)-Operators zur mathematischen Erfassung der Zustandsänderung als Differenz der Zustandsgrößen ist dies eine günstige Ausgangsbedingung. Hier kann der Schüler von der sprachlichen Formulierung aus zwanglos zur Analysis hingeführt werden:

- (49) Die Geschwindigkeit des Wagens beträgt zuerst $v_1 = 3 \text{ m/s}$. Dann beträgt sie $v_2 = 5 \text{ m/s}$. Die Erhöhung der Geschwindigkeit ist somit $\Delta v = v_2 - v_1$.

Nicht nur die Experimente, sondern auch unsere Beobachtungen finden in der Zeit statt und sind temporal strukturiert. Daher sind auch bei der Beschreibung der wahrnehmbaren Phä-

nomene temporale Adverbien, Präpositionen und Subjunktionen zu verwenden:

- (50.a) Der Klöppel schlägt auf die Glocke; gleichzeitig wird der Unterbrecher geöffnet.

- (50.b) Während der Klöppel auf die Glocke schlägt, wird der Unterbrecher geöffnet.

Bei solchen Ereigniskonstellationen neigen wir dazu, den zuerst wahrgenommenen Vorgang als die Bedingung aufzufassen, unter der der danach wahrgenommene Vorgang eintritt. Interessanterweise ist die deutsche Subjunktion *wenn* sowohl zur Beschreibung temporaler als auch zur Beschreibung **konditionaler** Beziehungen geeignet. Oftmals ist es gar nicht möglich, bei einem *wenn*-Satz zu entscheiden, ob dieser temporal oder konditional interpretiert werden muß:

- (50.c) Wenn der Klöppel auf die Glocke schlägt, wird der Unterbrecher geöffnet.

Konditionale Beziehungen festzustellen ist bereits Ergebnis eines (wenn auch sehr naheliegenden) Interpretationsaktes.

6.5 Der Schluß aus dem Experiment

Schreiten wir auf demselben Interpretationsweg fort, so gelangen wir von den konditionalen zu den **kausalen** Beziehungen (Ursache-Wirkung-Beziehungen), die, wie wir wiederholt festgestellt haben, zu den zentralen Lerninhalten des Physikunterrichts gehören. Um Kausalität sprachlich darzustellen, können wir wiederum Adverbien, Präpositionen und Subjunktionen verwenden:

- (50.d) Der Klöppel bewegt sich gegen die Glocke; dadurch wird der Unterbrecher geöffnet.

- (51.a) Durch Aufnahme von Wärme wird die Temperatur des Wassers erhöht.

- (51.b) Die Temperatur steigt, weil das Wasser Wärme aufnimmt.

Die Beispiele (50.d) und (51.a) schreiten von der Ursache zur Wirkung fort. Sie haben deduktiven Charakter (**Erklärung**). Beispiel (51.b) schließt demgegenüber von der Wirkung

auf die Ursache. Dieses Vorgehen ist induktiv (**Interpretation**).

In eine andere Richtung gehen Interpretationen, die die **quantitativen** Beziehungen zwischen Zuständen und Vorgängen ins Auge fassen. Quantitative Zustandsbeziehungen sind Gleichheit und Ungleichheit. Bei der Ungleichheit hängt es von der Beobachterperspektive ab, ob eine *größer-* oder eine *kleiner-*Relation beschrieben wird. Das wichtigste sprachliche Mittel zur Darstellung solcher Relationen ist der Komparativ:

(52.a) Der Kupferkörper ist schwerer als der Eisenkörper.

(52.b) Der Eisenkörper ist leichter als der Kupferkörper.

Unter den quantitativen Vorgangsbeziehungen ist die Funktionsbeziehung der **Proportionalität** besonders wichtig. Diese kann dargestellt werden durch Ausdrücke wie *ist proportional zu* oder *ist umgekehrt proportional zu*. Um diese Ausdrücke im Unterricht einzuführen, ist die S2 + S3-Konstruktion mit *je ... desto ...* aber mit Sicherheit unentbehrlich:

(51.c) Je mehr Wärme das Wasser aufnimmt, desto höher steigt die Temperatur.

7 Resümee

Wir haben gezeigt, daß der schulische Physikunterricht zur Vermittlung seiner spezifischen Lerninhalte besondere Inventare textueller, syntaktischer und lexikalischer Sprachmittel benötigt. Ebenso, wie die physikalischen Lerninhalte eine Teilmenge aus der Gesamtheit der in der Schule zu vermittelnden Lerninhalte bilden, bilden die zu ihrer Darstellung benötigten Sprachmittel eine Teilmenge aus der Gesamtheit der Sprache.

Den besonderen didaktischen Wert des hier skizzierten Modells sehen wir darin, daß entlang der Textsorte Experimentbeschreibung über eine psychologisch motivierte Sequenz von Satzverknüpfungsarten (lokal – direktional – temporal – konditional – kausal) der physikalische Begriff der Verursachung entwickelt werden kann. Das bedeutet, daß die zu erwerben-

den Sprachstrukturen und die zu erwerbenden physikalischen Kategorien im Unterricht parallel geführt werden können.

Unter der Voraussetzung, daß auch andere Schulfächer sich bei der Darstellung ihrer jeweiligen Lerninhalte spezifischer Sprachmittel bedienen, deren Vermittlung in ähnlicher Weise von den Fachinhalten her motiviert werden kann, läßt sich für Schulen, in denen deutschsprachiger Fachunterricht für fremdsprachige Schüler zum Angebot gehört, ein modulares Modell der Sprachvermittlung konzipieren, das unter anderem folgende positive Effekte mit sich bringen könnte:

1. Im Fachunterricht ergeben sich regelmäßig Kommunikationskontexte, die für die Verwendung bestimmter Sprachmittel typisch sind (vgl. Leisen 1991, 149f.), die aber der Deutschunterricht nicht bereitstellen kann. Geht man davon aus, daß Sprachmittel dann am effizientesten gelernt werden, wenn sie auch benutzbar sind, so wäre zu folgern, daß sie teilweise im Fachunterricht effizienter gelernt werden können als im Deutschunterricht – eine entsprechende Schulung der Fachlehrer natürlich vorausgesetzt.
2. Dies würde eine erhebliche Entlastung des Deutschunterrichtes mit sich bringen. Ihm würde dann die Aufgabe zufallen, die im Fachunterricht vermittelten Teilinventare der Sprache untereinander in Zusammenhang zu bringen und um fehlende Komponenten zu ergänzen. Freiwerdende Unterrichtskapazitäten könnte der Deutschlehrer verstärkt für Literatur- und Kulturvermittlung nutzen.
3. Auch der Fachunterricht kann profitieren, wenn die Sprachmittel, von denen er Gebrauch macht, seinen eigenen Lerninhalten zugeschlagen werden. Wie wir gesehen haben, können die begrifflichen Zusammenhänge des Faches in vielen Fällen sprachlich so weit vorstrukturiert werden, daß textuelle, syntaktische und lexikalische Muster dem Schüler als Gedächtnisstütze und Kontrollmechanismen für die Vollständigkeit seiner Beobachtungen dienen können.
4. Ein solches Modell setzt neben einer besonderen Weiterbildung sowohl der Fach- als auch der Deutschlehrer eine kontinuierliche

Zusammenarbeit aller Lehrer voraus, damit sichergestellt wird, daß die Schüler tatsächlich eine möglichst umfassende Kompetenz im Deutschen als Fremdsprache erwerben. Unter anderem wird man nicht darauf verzichten können, auch in Hausaufgaben und Klassenarbeiten, die im Fachunterricht gestellt werden, die sprachlichen Leistungen der Schüler zu korrigieren und zu bewerten.

Abschließend soll noch einmal betont werden, daß es uns nicht darum geht, fremdsprachige Schüler durch deutschsprachige Sozialisation ihrem eigenen kulturellen Umfeld zu entfremden. In einer wirtschaftlich und politisch enger zusammenrückenden Welt wird es künftig immer mehr Betätigungsfelder für Menschen geben, die schon frühzeitig breit angelegte multikulturelle und multilinguale Fertigkeiten und Kenntnisse erworben haben. Diese Einsicht macht neben Englisch-, Spanisch- oder Japanischkenntnissen auch profunde Deutschkenntnisse für nicht wenige Eltern und Schüler im Ausland attraktiv.

Unserer Erfahrung nach können sich beim Lernen von Fremdsprachen auch durchaus Synergieeffekte einstellen, die sich auf die Beherrschung der Muttersprache fördernd auswirken. Insofern scheint es uns übertrieben, das Konzept des deutschsprachigen Fachunterrichts generell in Frage zu stellen, wie es sich bei Vögeding (1992) andeutet. Sofern er freiwillig gewählt wird und professionell konzipiert ist, ist DFU unserer Meinung nach ein Modell mit Zukunft.

Literatur

- Buhlmann, Rosemarie/Fearns, Anneliese (1987) *Handbuch des Fachsprachenunterrichts. Unter besonderer Berücksichtigung naturwissenschaftlich-technischer Fachsprachen*. Berlin: Langenscheidt.
- DUDEN (1984) *Grammatik der deutschen Gegenwartssprache* (Duden Band 4). 4., völlig neu bearb. u. erw. Aufl. (herausgegeben von Günter Drosdowski). Mannheim: Bibliographisches Institut.
- Eismann, Volker et al. (1993) *Die Suche. Das andere Lehrwerk für Deutsch als Fremdsprache*. München/Berlin: Langenscheidt.
- Engel, Ulrich (1988) *Deutsche Grammatik*. Heidelberg: Groos.
- Hegel, Georg Wilhelm Friedrich (1807/1986) *Phänomenologie des Geistes*. Werke, Band 3 (Redaktion: E. Moldenhauer u. K. M. Michel). Frankfurt/Main: Suhrkamp.
- Helbig, Gerhard/Buscha, Joachim (1986) *Deutsche Grammatik. Ein Handbuch für den Ausländerunterricht*. 9., unveränd. Aufl. Leipzig: VEB Verlag Enzyklopädie.
- Leisen, Josef (1991) *Über Sprachprobleme im deutschsprachigen Fachunterricht am Beispiel des Physikunterrichts*. In: *Zielsprache Deutsch* 22, 3, 143–151.
- Primus, Beatrice (1987) *Grammatische Hierarchien. Eine Beschreibung und Erklärung von Regularitäten des Deutschen ohne grammatische Relationen*. München: Fink.
- Vögeding, Joachim (1992) *Deutschsprachiger Fachunterricht für fremdsprachige Schüler an Deutschen Auslandsschulen – ein Prüfstein für die Glaubwürdigkeit auswärtiger Kulturpolitik*. In: *Zielsprache Deutsch* 23, 2, 75–82.